

BREVE HISTORIA DEL COMPUTADOR¹

Diego Pareja Heredia. *Universidad del Quindío*

1 – Introducción.

No fue sino hasta hace poco que, la historia del computador cobró importancia. La razón es simple. El computador como elemento indispensable en la sociedad actual, sólo vino a establecerse a partir de los años 60s del siglo pasado, cuando el recurso de la técnica de los circuitos integrados, permitió bajar su costo a límites asequibles, tanto a instituciones gubernamentales como privadas. Hoy, sin embargo, el computador ha empezado a entrar en el hogar, como hace unas décadas lo hicieron la radio y la televisión². Esperamos que, en el transcurso de unos años, sea posible cuantificar el enorme cambio que experimentará la humanidad como consecuencia de su influjo.

Ninguna historia del computador será completa. Gran parte de lo que hoy conocemos acerca del desenvolvimiento del computador a lo largo de los siglos, corresponde a hitos históricos: que señalan jalones en el progreso de la técnica de la computación. La historia completa del computador está inmersa en la historia de la humanidad, a cuya lucha por superar sus problemas, debemos el desarrollo de las ciencias y el logro de la sistematización.

Entre los primeros en interesarse por la historia del computador, podemos destacar a los matemáticos franceses, Maurice D'Ocagne 1930, una serie de investigaciones históricas relacionadas con el computador. Su trabajo final, escrito en 1952, incluye, la historia de las calculadoras, las máquinas tabuladoras, la máquina analítica de Babbage, los computadores modernos como el Harvard Mark I, el ENIAC y el computador, desarrollado en el Instituto Blas Pascal de Francia. Maurice D'Ocagne, el inventor de la Nomografía, escribió su primera obra relacionada con máquinas calculadoras en 1905. Sus trabajos posteriores estudiaban el desenvolvimiento de diferentes tipos de calculadoras, entre ellas las de Pascal, Leibniz, Burroughs, Bollée, Scheutz, Tchebyshev, Babbage y Torres.

En los últimos años han venido apareciendo varias obras en el tema que nos ocupa. Las más interesantes, en nuestro criterio, son las escritas por los pioneros del computador en el pasado siglo, entre ellos, Konrad Zuse, Herman Goldstine y Howard H. Aitken. Un trabajo divulgativo reciente, que merece ser destacado, es el libro *The Making of the Micro* [1] escrito por Christopher Evans. Éste es un recuento ameno e ilustrativo de la historia del computador que se extiende desde el ábaco hasta los microprocesadores de nuestro tiempo.

¹ Este artículo fue publicado inicialmente en *Matemática-Enseñanza Universitaria*. No. 29, Diciembre de 1983, y formó parte de una trilogía: con, *John von Neumann y el Computador Moderno*, y, *Charles Babbage y Augusta Ada Byron: Pioneros del Computador*, publicados también, en la misma revista. La revista fue auspiciada por el Profesor Yu Takeuchi de la Universidad Nacional de Colombia.

² Esta predicción a la fecha de edición (Noviembre de 2008) ya es un hecho, al menos en los países desarrollados, y en Colombia, día a día, más y más hogares tienen su computador en casa, como también sus computadores portátiles.

2 – Primeros Antecedentes del Computador.

Tan antiguo como la humanidad, es el deseo de agilizar y simplificar el esfuerzo mental, que los cálculos aritméticos demandan. Este deseo, sirvió de acicate para emprender la construcción de ayudas de diversa índole. Se empezó con piedrecillas, semillas, nudos y marcas, para llegar con el tiempo al ábaco. Históricamente, el ábaco se considera como la ayuda más antigua para los cálculos aritméticos. Particularmente, en tiempos en que los sistemas de numeración no facilitaban el cálculo en forma escrita, el ábaco se constituyó en instrumento indispensable.

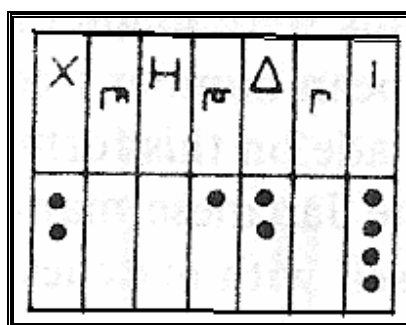


Fig. 1. La Tabla de Salamina ⁽³⁾ fue uno de los primeros ábacos conocidos (al menos en tiempos griegos, antes de nuestra era). En este caso una mesa de cálculo rayada donde se colocaban las marcas o cuentas. El sistema numérico aquí, es el ático o herodiánico, que usó la logística o aritmética comercial griega. Los numerales son: I=1, Γ= 5, Δ = 10, H = 100, X = 1000. Superposición de signos significa multiplicación, como en el cuarto y sexto lugares, en que aparece, 5×10 y 5×100 , respectivamente. En la tabla aparece representado el número $2074 = 2 \times 1000 + 1 \times 50 + 2 \times 10 + 4$.

El ábaco ha tenido tres formas básicas a lo largo de los siglos: la antigua mesa de arena o **abax**, palabra griega, pronunciada “abac”, de la que deriva probablemente el término ábaco; la mesa rayada (como la Tabla de Salamina en la figura 1) con discos o cuentas, colocadas, en, o entre ciertas líneas, para representar los números, y finalmente, el ábaco propiamente dicho, como el que se muestra en la figura 2. A las piedrecillas o cuentas empleadas en la mesa de cálculo se les llamó **calculi** (singular, calculus), palabra ésta en la que se originó el verbo calcular. El ábaco, en su forma actual, está constituido por un marco de madera con una serie de cuentas movibles. A fines del siglo pasado, aun su uso era frecuente en países como India, China, Japón y la antigua Unión Soviética.

³ La mayor parte de las figuras e imágenes que aparecen en estas notas son tomadas del Internet y se presentan aquí como medios didácticos y no pretenden lucro económico alguno. Para un estudio extenso y detallado de los primeros instrumentos de cálculo ver, Menninger, K. *Number Words and Numbers Symbols. A Cultural History of Numbers*. M. I. T. Press. Boston, 1970, de donde son tomadas las primeras imágenes.

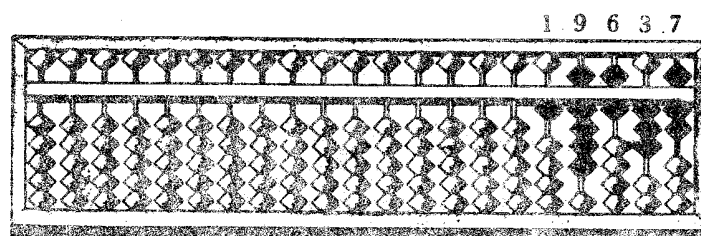


Fig. 2. El Ábaco que muestra la figura, corresponde a un **sorobán**, japonés. Tiene dos grupos de cuentas, separadas por una barra horizontal. Una cuenta del grupo superior desplazada hacia abajo indica 5 unidades, mientras que cada cuenta inferior deslizada hacia arriba representa una unidad. Las cuentas de color claro están en su posición natural y las de color oscuro representan el número 19.637. La representación es posicional de base diez, esto es, la 1ª columna de la derecha representa las unidades, la 2ª las decenas, etc.

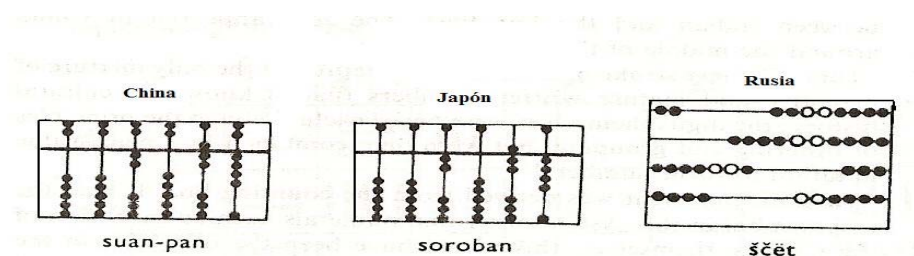


Fig. 3. Por los años de 1980, no obstante haberse comercializado las calculadoras electrónicas de bolsillo, en algunas partes del mundo se continuaba usando algunas versiones de ábaco: el **suan-pan** (izquierda), en China, el **sorobán**, en el Japón (centro) y el **ščët** (derecha) en alguna regiones de la antigua Unión Soviética.

La idea básica en las diferentes formas de ábaco, radica en el valor posicional de las esferas movibles (cuentas). Estas representan, unidades, decenas, centenas, etc., según la columna en que se encuentren. Las operaciones aritméticas las lleva a cabo el usuario mecánicamente. Un abacista bien entrenado, puede superar en rapidez de cálculo aritmético, inclusive a un operario con calculadora electrónica. Dos versiones del ábaco eran muy populares en oriente: el Suan-pan, usado en China, que tiene gran similitud, en sus elementos básicos, con el ábaco que usaron los romanos y el Sorobán japonés. También, en algunas partes de la antigua Unión Soviética se empleaba un tipo de ábaco, conocido como Scët, que permitía representar números hasta con dos cifras decimales.



Fig. 4. Un *quipu-camayo* o contador del imperio Inca exhibiendo un quipu. A la izquierda aparece una cuadrícula, que según algunos, corresponde a un ábaco (yupana). Según la opinión del autor, las operaciones aritméticas y censales se realizaban en la yupana y sus resultados se registraban o se almacenaban en el quipu⁴.

Dentro de la categoría de los ábacos se podría incluir ciertos instrumentos prehispánicos de cálculo y de registro de información, como fueron: el quipu, y un posible ábaco de piedrecillas⁵ que según el padre jesuita José de Acosta en su obra *Historia natural y moral de las Indias*, describe como un procedimiento para llevar sus cuentas, llamado por algunos *yupana*, término derivado de la palabra quichua, *yupai* que significa calcular (Fig. 4).

Antes de que el computador hiciera su aparición, en distintas épocas de la historia, se conocieron otros instrumentos de cálculo, entre ellos, aparatos para medir ángulos, determinar las fases de la luna, la posición de los planetas, etc. Los árabes, entre los siglos VIII y XV construyeron instrumentos de precisión, particularmente relacionados con la navegación y el cálculo de las funciones trigonométricas.

A partir del siglo XIV, se vio en Europa un florecimiento en la construcción de ayudas para varios tipos de cálculos, tanto aritméticos como astronómicos. El matemático escocés John Napier (1550- 1617) dedicó buena parte de su vida a la búsqueda de métodos computacionales

⁴ La figura es tomada del libro: Guaman Poma de Ayala, F. *El primer nueva corónica i buen gobierno*. Biblioteca Ayacucho. Caracas. 1980. La obra original data de fines del siglo XVI.

⁵ Ver mi artículo: *Instrumentos Prehispánicos de Cálculo. El Quipu y la Yupana*. Revista Integración. UIS. Vol. 4, No. 1. Bucaramanga. 1986

más ágiles. Su invención de los logaritmos no deja de ser un hito en la historia de la computación. El uso de logaritmos simplificó enormemente la multiplicación y la división. A Napier también se le debe la invención de las llamadas "Barras de Napier" que se usaron para agilizar el proceso de multiplicación (Fig. 5).

The image shows two Napier's Bones. The left bone is a 9x9 grid of squares, each containing a 2-digit number (or a single digit with a leading zero). The top row of the grid is labeled 1 through 9, and the left column is also labeled 1 through 9. The numbers in the squares represent the products of the row and column digits. For example, the square at row 2, column 3 contains '06'. The right bone is a smaller 4x4 grid with the same layout, but the numbers are 1, 5, 7, 2 in the top row and 1, 5, 7, 2 in the left column. Below the bones, a small diagram shows a diagonal of squares containing the digits 9, 4, 5, 6, 3, 1, 8. Below this, the calculation $1572 \times 9 = 14148$ is shown, with the digits 1, 4, 1, 4, 8 aligned under the diagonal squares.

Fig. 5. Las Regletas o Barras de Napier, las inventó John Napier con el objeto de simplificar la multiplicación. Estas regletas muestran en sus caras las tablas de multiplicar para los dígitos 1,2,..., 9. Las regletas de la derecha describen el número 1572 y en la base de la derecha aparece el producto $1572 \times 9 = 14148$, que se obtiene sumando diagonalmente las cifras marcadas en el nivel del 9.

Las Máquinas de Schickard, Pascal y Leibniz. Al hacerse las relaciones del hombre en la sociedad cada vez más complejas y como consecuencia de un avance científico y técnico iniciado en el renacimiento, aparecieron como resultado, los primeros intentos de mecanizar ciertos procesos computacionales, entre éstos las operaciones aritméticas. La idea central iba enfocada a la construcción de máquinas capaces de llegar a los resultados de las operaciones, automáticamente – sin ayuda del hombre – salvo la introducción de los datos iniciales. Con esto se buscaba, de una parte, rapidez en el procesamiento de la información, y de otra, reducir a un mínimo la posibilidad de error.



Fig. 6. Blas Pascal (izquierda) y Gottfried Wilhelm Leibniz (derecha) fueron los precursores de las calculadoras mecánicas de escritorio. Pascal inventó una máquina sumadora que Leibniz perfeccionó al incluir en ella mecanismos para la multiplicación y la división.

Blas Pascal (1623 - 1662) inventó y construyó en 1642 lo que se considera la primera máquina calculadora que operó exitosamente. La máquina consistía en una serie de ruedas dentadas, dispuesta de tal forma que diez revoluciones de cualquiera de ellas inducía una revolución a la situada a su derecha (Fig. 7). Cada rueda tenía impresos en sus dientes los dígitos de 0 a 9. La máquina permitía la adición y sustracción automática de cantidades hasta de seis cifras. La invención de Pascal iba dirigida a servir de ayuda a su padre en las laboriosas faenas de los cálculos financieros, resultantes de su actividad como recolector de impuestos. El invento de las ruedas dentadas con el propósito para el cual las empleó Pascal; se remonta a los tiempos de Herón de Alejandría (Siglo I D.C.).

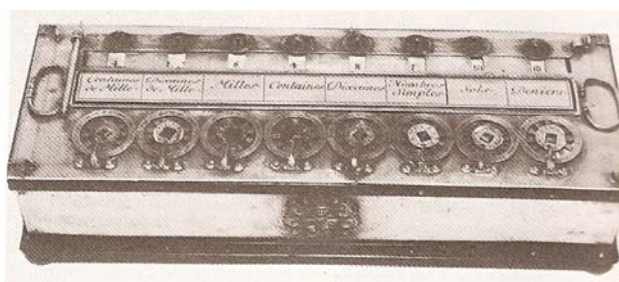


Fig. 7. La Pascalina que muestra la gráfica fue construida por Blas Pascal alrededor de 1642 con el propósito de realizar mecánicamente la adición de números hasta de seis cifras. Copias de esta máquina se preservan en el *Conservatorio de Artes y Medidas* de París.

Recientemente, al estudiar el archivo de Johann Kepler, se descubrió una carta del astrónomo alemán Wilhelm Schickard (1592 -1635). En la carta, Schickard informa a Kepler sobre una máquina construida supuestamente por él (Fig. 8), orientada a sustituir al hombre en la rutinaria tarea del cálculo aritmético. El aparato mecánico en principio, contaba entre sus partes, un juego de ruedas dentadas similares a las empleadas por Pascal y un juego de discos, concebidos para servir de registros de los datos a procesar o para almacenar manualmente resultados de algunas operaciones.



Fig. 8. La gráfica muestra una réplica de la máquina construida por el astrónomo Wilhelm Schickard de Tubinga para efectuar las cuatro operaciones aritméticas automáticamente. La máquina fue descrita por Schickard en carta dirigida a Johann Kepler alrededor de 1623.

La máquina incluía además, un conjunto de seis cilindros, sobre los cuales estaban grabadas las tablas de multiplicar, al estilo de las barras de Napier. De acuerdo a Schickard, su máquina funcionó perfectamente, pero desgraciadamente fue destruida por un incendio, poco tiempo después de terminarse su construcción. Una reconstrucción aparece en la figura 8.

Los negociantes y mercaderes de aquel tiempo, parece que no fueron muy receptivos a la invención de las máquinas calculadoras. No ocurrió igual con los hombres de ciencia, que como Gottfried Leibniz (1646-1716) se dedicaron a estudiar y mejorar la máquina desarrollada por Pascal. En efecto, Leibniz perfeccionó la máquina de Pascal introduciendo un mecanismo especial que permitía la multiplicación y la división. La máquina diseñada y construida por Leibniz efectuaba la multiplicación por medio de repetidas vueltas de una manivela. El principio en que se basó la máquina de Leibniz, siguió en uso hasta hace poco, en las hoy obsoletas, calculadoras mecánicas de escritorio.

Hay que agregar que, Leibniz, alrededor de 1639, concibió la idea de aplicar el sistema binario a la construcción de calculadoras. El sistema binario solo usa los dígitos **0** y **1**. Esto hace al sistema, supremamente útil en el diseño de circuitos electrónicos para los computadores modernos⁶.

Los trabajos de Pascal, Leibniz y Schickard fueron ayudados por la técnica de la relojería, por esa época, en pleno florecimiento. El reloj empezó a desarrollarse desde los tiempos de Alfonso X, rey de España, en el siglo XIII. Fue él, precisamente, quien por primera vez construyó un reloj activado por una pesa. Los engranajes y mecanismos afines, abrieron la puerta a toda una era en la historia de los autómatas. Mencionemos aquí, uno de los primeros autómatas mecánicos: El famoso reloj de Estrasburgo, terminado en 1354. El reloj además de indicar la hora, incluía un gallo mecánico que a medio día, después de agitar sus alas; cantaba como cualquier gallo de carne y hueso. Otro heredero de esta técnica de alta relojería es el famoso reloj de la catedral de Praga cuyo atractivo es el show que muestra a las doce del medio día, cuando se puede apreciar un desfile que incluye hasta los doce apóstoles.

Charles Babbage y la Máquina Analítica. Durante el siglo XVIII, mucho se había avanzado en mecánica y electricidad. Volta inventó la pila seca en 1800 y Faraday, años después, el dínamo o generador de corriente eléctrica. A comienzos del siglo XIX, la revolución industrial en sus albores, ya ofrecía una infraestructura mecánica apropiada para servir de soporte a la construcción de las primeras máquinas calculadoras. En Francia, la industria textil entraba en un período de gran automatización, principalmente como resultado de los esfuerzos de Joseph Marie Jacquard (1752-1834). Usando tarjetas perforadas, el telar de Jacquard logró automatizar el proceso de fabricación de tejidos. El uso de tarjetas perforadas para el control de determinados procesos, vendría a ser factor importante en el desarrollo del computador.

⁶ Ver mi artículo *El poder del Dos* en: www.matematicasyfilosofiaenelaula.info

Los bancos como entidades financieras y las compañías de seguros estaban consolidados en Inglaterra al comienzo del siglo XIX. Como consecuencia del comercio entre Europa y sus colonias, la navegación había crecido enormemente. Tanto en la banca, como en la navegación eran indispensables tablas numéricas de distinta índole. El proceso de su elaboración era tedioso y su eficacia se veía limitada por los errores que con frecuencia se cometían en el proceso de su elaboración. Frente a este estado de cosas, Charles Babbage (1792-1871) propuso a la Sociedad Astronómica Real de Londres – de la cual era miembro fundador – la construcción de una máquina de diferencias (Fig. 9), cuyo objetivo central sería la elaboración de tablas logarítmicas, trigonométricas, actuariales, náuticas, etc. Un modelo a escala de su primera máquina fue presentado a la sociedad en 1822.

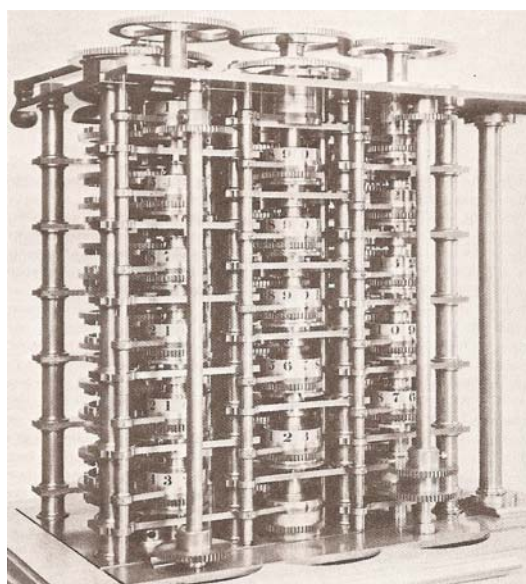


Fig. 9. Parte de la máquina de diferencias de Babbage. Se esperaba que esta máquina elaborara tablas de logaritmos, de navegación y actuariales y que sus resultados fueron impresos en papel.

Babbage confiaba en que su máquina, no solo calcularía tablas numéricas, sino también imprimiera sus resultados. En 1823 el gobierno británico aprobó el primero, de una larga serie de auxilios monetarios, para la construcción de la máquina. El desarrollo del proyecto resultó mucho más complejo de lo que Babbage había imaginado. Los auxilios del gobierno continuaron hasta alcanzar la cifra de 17000 libras esterlinas. Por discrepancias con el gobierno y con Joseph Clement – el constructor de las piezas metálicas – y, por la imposibilidad de asumir por sí solo el costo del proyecto, Babbage decidió no continuar la construcción de la máquina de diferencias.

Su primer fracaso no fue óbice que le impidiera seguir trabajando en lo que sería la obsesión de toda su vida: la construcción de una máquina analítica (Fig. 11). La máquina de diferencias era un computador de un sólo propósito – elaboración de tablas numéricas – mientras que la máquina analítica tendría que ser un computador de múltiples usos. A partir de 1833, y por 40 años, Babbage dedicó todas sus energías al diseño y construcción de su

fabulosa máquina⁷. Con recursos económicos propios, se construyeron partes y se diseñaron planos y maquetas. Iba a ser tan compleja su máquina, que hasta pensó en el motor de vapor, como medio para activarla. La máquina analítica estaba diseñada con base en unidades de procesamiento, control y almacenamiento. Para introducir las instrucciones y la información a ser procesada, se utilizarían tarjetas perforadas, en la misma forma que en el telar de Jacquard. Se esperaba que la máquina diera los resultados en forma impresa y digital.

Desafortunadamente para Babbage, la ingeniería mecánica de aquel tiempo, no tenía aún, la madurez requerida para construir piezas de alta precisión, indispensables en un equipo de tal sofisticación. A la muerte de Charles Babbage, su hijo Henry, logró poner en funcionamiento algunas partes de la máquina analítica. En efecto, la unidad central de procesamiento y la unidad impresora sirvieron para producir, entre otras cosas, los primeros múltiplos de π . Este equipo, junto con planos, diseños y otros artefactos dejados inconclusos por Babbage, pasaron al museo de South Kensington en 1896. Otra parte fue llevada Australia y Nueva Zelanda por su hijo Benjamín Babbage.

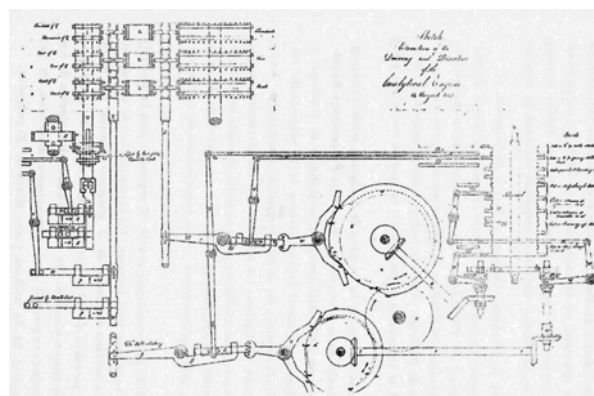


Fig. 10. Vista parcial de uno de los planos de la Máquina Analítica proyectada por Charles Babbage. Dada la gran cantidad de piezas móviles y su complicado funcionamiento su autor pensó en recurrir a la máquina de vapor como fuerza motriz para su audaz invento.

Aunque Babbage no logró hacer funcionar sus máquinas, hay que reconocer sin embargo que, con el tiempo, en Suecia, Irlanda, España y otros países, la simiente plantada por él, germinó y dio origen a lo que hoy llamamos la revolución informática. Precisamente en Estocolmo, Pehr Georg Schutz (1785-1973) y su hijo, después de estudiar los trabajos de Babbage, lograron construir una máquina de diferencia que entró en funcionamiento en 1853. La máquina se empleó, entre otras cosas para la elaboración de tablas actuariales que usaron por muchos años las compañías inglesas de seguros.

⁷ Ver mi artículo: *Charles Babbage y Ada Byron, Pioneros del Computador*. A aparecer en: www.matematicasyfilosofiaenelaula.info.

en 1922.

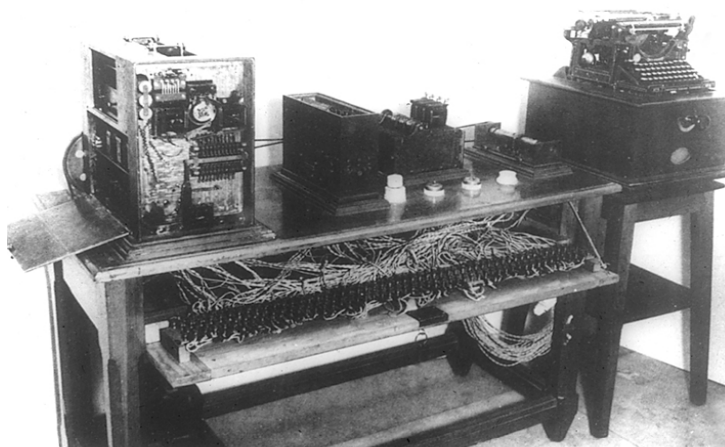


Fig. 12. La máquina calculadora electromecánica de Leonardo Torres y Quevedo usaba una máquina de escribir como unidad de entrada y como impresora. La máquina usó relés en su unidad de procesamiento

Otro continuador de la obra de Babbage fue Leonardo Torres y Quevedo (1852-1936). Torres y Quevedo, después de graduarse de ingeniero civil en su país, España, se dedicó esencialmente a la investigación. Sus esfuerzos se concentraron en el diseño y construcción de un sinnúmero de artefactos y dispositivos automáticos de distinta índole, entre estos el Spanish Aero Car aún en uso en las Cataratas del Niágara. Su calculadora (Fig. 12), construida en 1920 y exhibida en Francia, puso de manifiesto la factibilidad del proyecto de usar partes electromecánicas en la construcción de una máquina analítica. La calculadora de Torres estaba conectada a una máquina de escribir, la que hacía las veces de unidad de entrada y simultáneamente servía como unidad impresora de los resultados obtenidos por la calculadora.

La Máquina Tabuladora de Hollerith. Para todo país, el procesamiento de la información recogida en un censo, es labor en extremo dispendiosa. La situación en la que los Estados Unidos se hallaban con respecto al crecimiento de la población a fines del siglo pasado, exigía métodos muy ágiles para procesar la información recogida a más de 60 millones de habitantes. El gobierno abrió concurso para seleccionar el método que se debería usar en el manejo de los datos recogidos. Correspondió a Herman Hollerith (1860-1929) el honor de haber sido escogido para procesar la información recogida en el censo de 1890. La máquina inventada por Hollerith (Fig. 13) requería de tarjetas perforadas para recibir la información que sería procesada. En las tarjetas aparecían consignados datos de los censados tales como, sexo, color, nacionalidad, edad, etc. El trabajo se redujo a transmitir a las tarjetas los datos obtenidos por los empadronadores. Las tarjetas ya perforadas pasaban por la máquina, donde al contacto de unas escobillas cerraban un circuito eléctrico cada vez que hubiese una perforación. Al cerrarse el circuito, se activaba un contador, que incrementaba una unidad por cada perforación.

La máquina de Hollerith se constituyó en rotundo éxito. Para procesar toda la información del censo de 1890, se hizo necesario solamente un mes. Los resultados del censo dieron, entre otras cosas, una población para los Estados Unidos de 62.622.250 habitantes.

Después de su exitoso trabajo en el censo, Hollerith estableció su propia compañía fabricante de máquinas tabuladoras, la Tabulating Machine Company. La resonancia de su éxito se extendió hasta Europa, Rusia incluida. En este último país, la información del censo de 1897 fue también procesada en los equipos de Hollerith.

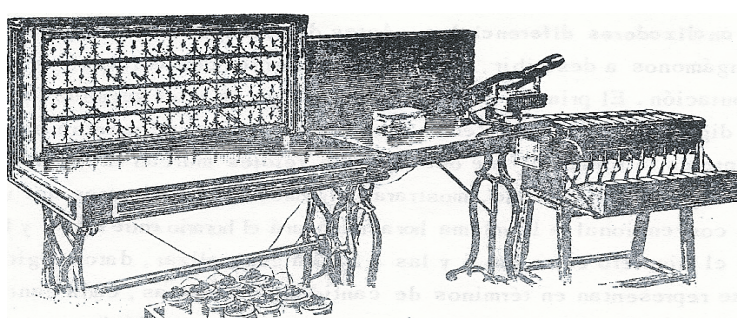


Fig. 13. Herman Hollerith con la máquina tabuladora eléctrica de su invención, procesó la información recogida en el censo de 1890 en los Estados Unidos. La información se hacía llegar a la máquina a través de tarjetas perforadas.

En 1911 la compañía se transformó en la Computer Tabulating Recording Company, que a su vez llegaría a convertirse en la International Business Machine Corporation (IBM). Un competidor, James Powers desarrolló una máquina que superaba grandemente a la máquina tabuladora de Hollerith, pues, además de imprimir los resultados, disponía de un sistema automático de perforación. La compañía de Powers se unió en 1917 a la Remington Rand y posteriormente en 1955 a la Sperry Gyroscope Co.

Los Analizadores Diferenciales. Antes de proseguir nuestra historia, detengámonos a describir, aunque someramente, dos enfoques de la computación. El primero usa técnicas analógicas y el segundo la técnica digital. La diferencia entre estas dos técnicas se aprecia claramente en la forma en que dos tipos de relojes marcan la hora. Un reloj digital, por ejemplo, mostrará, digamos 3,28, mientras que un reloj convencional a la misma hora mostrará el horario entre las 3 y las 4, y el minuterio entre las 5 y las 6. Para generalizar, datos digitales se representan en términos de cantidades discretas, cada cantidad distinta de las siguientes, en tanto que datos analógicos se representan recurriendo a puntos a lo largo de una escala, cada punto desplazándose imperceptiblemente hacia el siguiente. Los instrumentos de control de un automóvil; por ejemplo, salvo el cuenta kilómetros, son analógicos.

Hasta aquí todas las máquinas de calcular descritas, han usado la técnica digital. Veamos

entonces, aunque sea ligeramente. Algunas ayudas para el cálculo que usan la técnica analógica. Un instrumento típico en esta técnica y que desapareció al comercializarse la calculadora de bolsillo, fue la **Regla de Cálculo**, en tiempos pasados, indispensable para todo ingeniero. A William Oughtred (1575-1660) se le acredita la invención de la regla de cálculo en sus primeras versiones. La versión que conocimos está constituida por dos regletas fijas y una movable. La regla de cálculo usa los logaritmos como elemento básico en su funcionamiento. Esto permite que la multiplicación y la división se simplifiquen considerablemente, porque la multiplicación y la división se convierten en suma y resta vistas en la escala de los logaritmos. Al igual que el ábaco, la regla de cálculo es un computador estático en el sentido que los cálculos los efectúa el usuario. La regla de, cálculo expresa los números en términos de distancias medidas en sus regletas. En general, un dispositivo analógico “calcula” convirtiendo los números con los que va a tratar, en una magnitud física, distancias en el caso de la regla de cálculo, por ejemplo.

El primer computador analógico fue construido por el famoso escocés William Thompson – Lord Kelvin (1824-1907) – en 1870. El computador (Fig. 14) tenía como propósito específico, predecir el comportamiento de las mareas a lo largo de las costas de Gran Bretaña. El dispositivo estaba constituido por un sistema mecánico de engranaje, cables, barras, tambores y diales. En un artículo publicado en los *Proceedings de la Royal Society* de Londres en 1.876, Lord Kelvin resalta la posibilidad de construir una máquina orientada a resolver problemas asociados con ecuaciones diferenciales. A estas máquinas Lord Kelvin les dio el nombre de analizadores diferenciales. Sin embargo el gran físico inglés no llegó, en este aspecto, más allá del pronosticador de mareas.

Quien continuó el desarrollo del analizador diferencial fue Vannevar Bush (1890-1974). El primer modelo de estas máquinas se terminó alrededor de 1930 en el MIT (Massachusetts Institute of Technology). La máquina enteramente mecánica, incluía barras, engranajes y discos y era accionada por motores eléctricos (Fig. 15). Con ajustes especiales, el aparato podía resolver cualquier problema relacionado con ecuaciones diferenciales. Bush perfeccionó su aparato hasta tal punto que, fue el primero en sustituir partes mecánicas del computador por tubos al vacío. Bush, en aquel tiempo profesor del MIT, influyó enormemente en el desenvolvimiento del computador. Douglas Hartree (1897-1958) y Arthur Porter, físicos ingleses, llevaron a su país las ideas de Bush. Hartree diseñó y construyó un analizador diferencial que se mantuvo operando por algún tiempo en la Universidad de Manchester. También Claude Shannon (1916-2001), el creador de la teoría de la información, fue discípulo de Bush. Shannon mostró cómo, uno puede diseñar circuitos eléctricos para sumar, restar, multiplicar, etc.⁸. Y probó que los cálculos usados en estos circuitos son, efectivamente, idénticos a los cálculos de la lógica simbólica. Resaltó, como ya lo había hecho Leibniz, que el sistema binario (el que sólo usa las cifras 0 y 1) es el más apropiado para la construcción de circuitos en una calculadora.

⁸ Ver mi artículo: *Del Bit a la Revolución Informática. Un homenaje a Claude Shannon (1916-2001)*. www.matematicasyfilosofiaenelaul.info.



Fig. 14. La máquina que se observa se construyó con base en el diseño del pronosticador de mareas inventado por Lord Kelvin en 1870. Este aparato es una muestra de un computador analógico que exhibe sus resultados en forma de gráficos continuos.

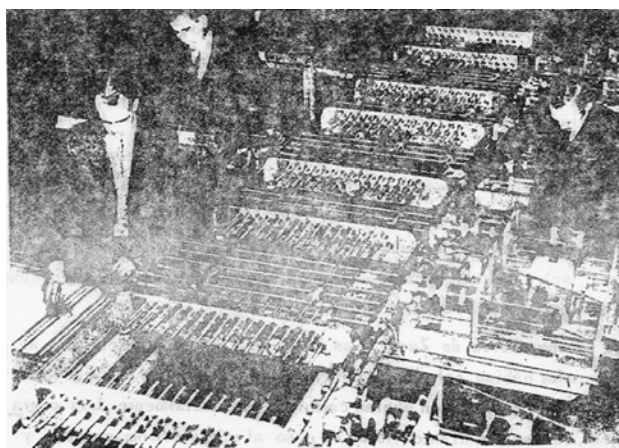


Fig. 15. La máquina que se ve en la figura, fue elaborada en la Escuela Moore de Ingeniería en 1935 con el soporte teórico derivado del analizador diferencial construido por Vannevar Bush. Equipos como estos se emplearon para resolver numéricamente ecuaciones diferenciales de varios tipos.

El matemático George Stibitz (1904-1995), independientemente, diseñó y puso en funcionamiento los circuitos a los que Shannon hizo referencia, logrando lo que hoy se considera como la primera unidad elemental de una calculadora electrónica. En 1940 Stibitz dictó una conferencia donde el tema central fue su computador. En ella estuvieron presentes, entre otros, Norbert Wiener, conocido como el padre de la cibernética y John Mauchly, quien años más tarde construiría uno de los primeros computadores electrónicos del mundo. En aquella conferencia, Stibitz desconcertó a su auditorio, al recurrir a la línea telefónica para usar, a control remoto, su computador instalado en los laboratorios de Bell Telephone.

Con Stibitz la técnica digital se impuso. Los analizadores diferenciales, pasaron a ocupar segundo plano. Aunque Shannon y Stibitz demostraron las ventajas de usar el sistema binario en el computador, la verdad fue que los primeros computadores que funcionaron exitosamente, salvo una excepción, usaron el sistema decimal. La excepción fue el computador de Konrad Zuse.

Los computadores de Konrad Zuse. Las ideas de Babbage con relación al computador habían echado raíces en varias partes. Sin embargo, sus métodos de construcción habían cambiado sustancialmente. Los engranajes, ruedas y barras cedieron el paso al relé electromagnético y al tubo al vacío de los años 30 y 40. Konrad Zuse (1910-1995), un ingeniero egresado de la universidad de Berlín, empezó a desarrollar sus ideas en torno al computador en forma práctica a partir de 1935. Hay que resaltar su notable idea de recurrir al sistema binario para el procesamiento de la información digital. Su primer computador, el Z1 (Fig. 16), fue construido en su casa. Este fue un genuino descendiente de la máquina analítica de Babbage. Entre sus características, se destaca la unidad de memoria, un teclado para introducir la información al computador, un sistema de bombillas eléctricas para expresar los resultados de la computación y algo que podría considerarse como una unidad de procesamiento.

El Z2 fue un computador más avanzado, con relés electromagnéticos en la unidad de memoria y con cinta perforada como elemento básico para llevar los datos de entrada a la máquina. Zuse construyó luego el Z3 y el Z4 que fueron computadores de propósito único, esto es, diseñados para resolver un solo tipo de problema. Los nazis se negaron a patrocinar las investigaciones de Zuse argumentando que el desarrollo de su proyecto tomaría más de un año, tiempo éste, superior al calculado por ellos para ganar la guerra. Al terminar la Segunda Guerra Mundial Zuse estableció su propia fábrica de computadores, la que con el tiempo vendría a fusionarse a la empresa alemana Siemens.

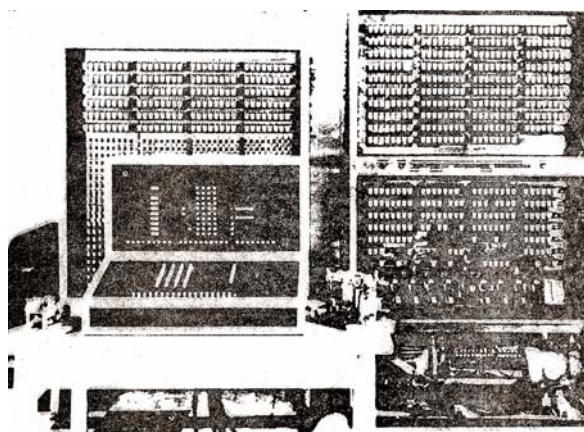


Fig. 16. El Z1 que aparece en la gráfica fue el primer computador que usó el sistema binario en sus unidades de procesamiento y de salida. Construido en 1938 por Konrad Zuse, el Z1 se constituyó en la cristalización del sueño de Babbage en relación con los computadores.

La serie de los Z continuó hasta el Z31, siempre cada uno de ellos superando a su antecesor en capacidad de memoria y en rapidez de procesamiento.

El computador Harvard Mark I.

La IBM era ya por los años de 1940 una poderosa compañía americana, cuyo prestigio se remontaba a los tiempos de su fundador Herman Hollerith. Sus máquinas calculadoras competían con las mejores del mercado. Fue con los auspicios de la IBM que el matemático Howard H. Aitken (1900-1973) de la Universidad de Harvard emprendió la construcción de un gran computador usando relés electromagnéticos y controlado por instrucciones llevadas a través de cinta perforada. En 1943 el Automatic Sequence Controlled Calculator (ASCC) o más comúnmente conocido como Harvard Mark I (Fig.17), empezó a trabajar exitosamente. El computador era monstruoso en su volumen. Tenía aproximadamente un millón de partes, entre ellas, miles de relés electromagnéticos. La máquina, un verdadero brontosauro intelectual, resolvía ecuaciones diferenciales, calculaba funciones trigonométricas, exponenciales, etc. De esta época proviene el mote de cerebros electrónicos con que se conoció a los grandes computadores.

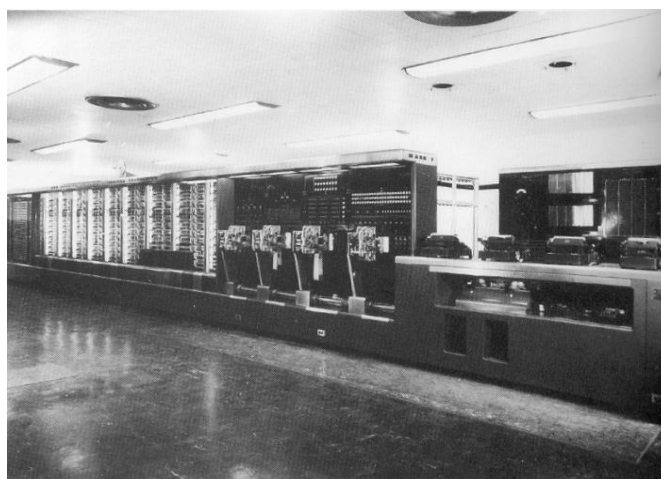


Fig. 17. El "IBM Sequence-Controlled Calculator" o simplemente "Mark I" fue diseñado por **Howard H. Aitken** y auspiciado por la IBM. El computador, terminado en 1943, usó relés como elementos básicos.

Por discrepancias con Aitken, la IBM se embarcó sola en la construcción del Mark II, computador éste que resultó obsoleto cuando estuvo listo. La técnica del tubo al vacío había sustituido a la del relé electromecánico con considerables ventajas, sobre todo en rapidez de computación. La serie de los Marks continuó hasta el número VI, con nuevas técnicas que daban como resultado mayor capacidad de procesamiento, rapidez y versatilidad.

Los computadores Colossus.

La necesidad de descifrar los códigos secretos que los alemanes empleaban en la II Guerra Mundial, fue para Inglaterra la principal razón que motivó una serie de investigaciones en el área de los computadores. El gobierno inglés en el convencimiento de que la naciente técnica electrónica podía utilizarse en beneficio del criptoanálisis, concentró en Bletchley Park, un destacado grupo de científicos con el propósito de construir dispositivos encaminados a descifrar los mensajes estratégicos de los alemanes. Las investigaciones de este grupo culminaron con la construcción del computador COLOSSUS en 1943 (Fig. 18).

El computador, el primero en su género que usó el tubo al vacío, recibía la información a procesar a través de cinta perforada a una velocidad de cinco mil caracteres por segundo. Hay quienes sostienen que el Colossus ganó la guerra para los aliados. Los alemanes confiados como estaban en la inviolabilidad de su codificadora ENIGMA, subestimaron al enemigo al desconocer que éste disponía de la información, supuestamente secreta.

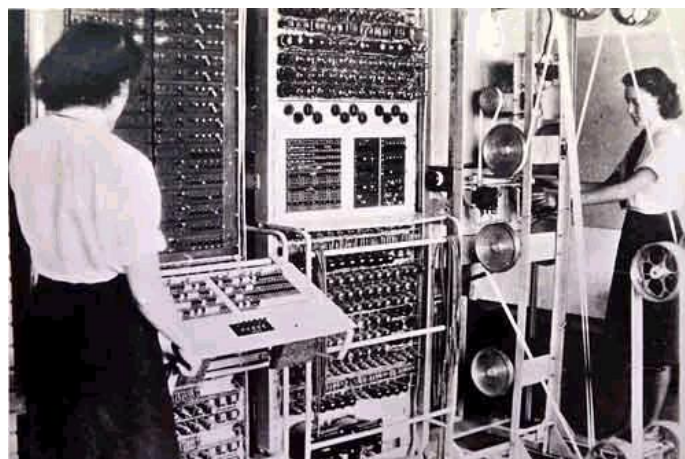


Fig. 18. Producto de los esfuerzos bélicos ingleses, fue el **Colossus**, el computador que muestra la gráfica. Con este equipo se descifraron los códigos secretos empleados por los alemanes en la II Guerra Mundial. La máquina procesaba la información a una velocidad de 5000 caracteres por segundo.

Entre las figuras que intervinieron en el proyecto Colossus se destacaron, el profesor Max Newman, los ingenieros T. H. Flowers y A. W. Coombs y los matemáticos I. J. Good y D. Michie y por sobre todos ellos, el gran matemático Alan M. Turing (1912-1954). Turing es considerado por muchos como el creador de los fundamentos de la ciencia de los computadores. Su artículo “*Sobre número computables*”, publicado en 1936, es sin lugar a dudas el mayor aporte para su época, a esta ciencia desde el punto de vista teórico. Una de sus grandes creaciones, las llamadas *Máquinas de Turing*, fueron los primeros modelos rigurosos de lo que se entiende matemáticamente como un proceso computacional⁹. A la serie de los Colossus

⁹ Para una definición de las máquinas de Turing, Ver mi próximo artículo: *Computabilidad y Ecuaciones Diofantinas. Las misteriosas relaciones entre la Aritmética y el Álgebra*.

siguió toda una familia de computadores cada vez más potentes, construidos en las universidades inglesas de Manchester y de Cambridge y en el National Physical Laboratory. En este último, Alan Turing trabajó en el diseño del computador ACE, catalogado en aquella época como el más avanzado y poderoso computador del mundo.



Fig. 19. Aquí aparecen los tres matemáticos ingleses más destacadas en el diseño y construcción del Colossus. Alan M. Turing (izquierda) es considerado como el padre de la computación. Sus aportes a esta especialidad se iniciaron con el trabajo “*Sobre Números Computables*”, publicado en 1936. M. H. A. Newman (centro) y T. H. Flowers (derecha).

El ENIAC y los computadores de la segunda generación.

Con la terminación de la II Guerra Mundial, hubo un relajamiento en cuanto a las técnicas usadas en la construcción del computador, clasificadas como secretas durante la guerra. Consecuencia de esta apertura, fue la aparición de decenas de compañías fabricantes de computadores. Entre los varios proyectos que secretamente se desarrollaban en los Estados Unidos hubo uno que condujo al computador ENIAC (Fig. 20). Este proyecto se llevo a cabo en la Escuela Moore de la Universidad de Pennsylvania. El ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator), igual de monstruoso que el Mark I de la Universidad de Harvard, se diferenciaba de éste, en el uso del tubo al vacío como unidad básica. En el proyecto trabajaron John Mauchly, el ingeniero J. P. Eckert, Herman Goldstine y en las etapas finales John Von Neumann (1903-1957)¹⁰. La rapidez de este computador hizo noticia en la prensa mundial. La operación 97367^{1000} la efectuó en medio segundo el día de su presentación al público, el año de 1946. Aunque de una rapidez asombrosa en el procesamiento, el ENIAC adolecía de ciertas limitaciones en cuanto a su programabilidad.

¹⁰ Ver mi artículo: *John von Neumann y el Computador y Moderno*, publicado en www.matematicasyfilosofiaenelaula.info

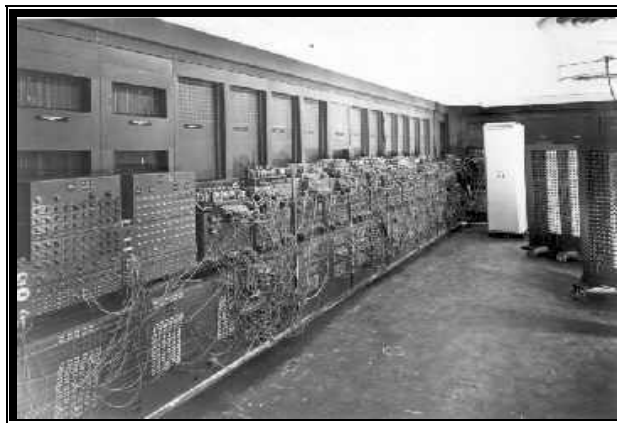


Fig. 20. Vista parcial del ENIAC, uno de los primeros computadores monstruosos que emplearon el tubo al vacío. Contenía 19000 tubos y pesaba treinta toneladas. Convertido en pieza de museo, el ENIAC reposa hoy en la Institución Smithsonian de Washington.

Un encuentro casual permitió a Goldstine despertar el entusiasmo de Von Neumann hacia la investigación en la teoría del computador. Von Neumann era por esa época un científico de reconocido prestigio y catalogado como una de las mentes más brillantes del siglo XX. Su relación con el proyecto Manhattan que creó la bomba atómica avivó en él, enorme interés por los computadores. Las reacciones en cadena originadas por la fisión nuclear, planteaban complicados problemas, los que sólo podían resolverse aproximadamente, por métodos numéricos. El único recurso para agilizar los cálculos en este tipo de problemas era la ayuda lenta y poco eficiente de las calculadoras mecánicas de escritorio.

Con el tiempo von Neumann llegó a ser la figura más influyente del grupo que diseñó el ENIAC. A él debemos, entre muchas cosas, el hecho de haber descubierto que *las instrucciones de un programa de computador pueden, al igual que otros datos de entrada, almacenarse en la memoria del computador*. En el artículo “*Discusión preliminar sobre el diseño lógico de un computador electrónico*”, los autores, uno de ellos von Neumann, describen las partes fundamentales y el funcionamiento de lo que vendría a ser el computador electrónico moderno. A partir del ENIAC, los computadores serían cada vez más versátiles, más dinámicos y capaces de resolver multitud de problemas de diversa índole.

El modelo que siguió al ENIAC en la escuela Moore fue el Electronic Discrete Variable Calculador (EDVAC) terminado en 1951. En él se incorporaron varias innovaciones sugeridas por John von Neumann, entre ellas la inclusión de facilidades para la programación. Sin embargo fue en Inglaterra donde se construyó por primera vez un computador con programación incorporada. Este se conoció con la sigla EDSAC y empezó a funcionar en 1949 en la Universidad de Cambridge. El equipo de técnicos responsable del diseño estuvo encabezado por Maurice Wilkes, quien había asistido a la Universidad de Pennsylvania en el tiempo en que se diseñaba el ENIAC.

La IBM, la BELL TELEPHONE y la SPERRY-RAND empezaron al comienzo de la década de 1950 a comercializar el computador. Estos computadores, aun con las nuevas técnicas,

resultaban demasiado grandes, extremadamente caros y lo más grave, de muy complicado manejo. Se creyó entonces, que el computador sería otra pieza más de la tecnología moderna, que no jugaría mayor papel en la vida de la gente común y corriente. Pero con la invención del transistor, en los laboratorios de la Bell Telephone, el computador entró en su tercera fase, convirtiéndose así en la pieza más importante de nuestra moderna tecnología, más útil e imprescindible que la bomba atómica y la energía nuclear.

La Era del Transistor.

No obstante la rapidez de computación que se lograba con el uso de tubos al vacío, el consumo exorbitante de energía y su poca durabilidad, Hacían de ellos elementos técnicos poco confiables. A fines de la década de 1940, después de veinte años de investigación, tres científicos de la Bell Telephone, John Bardeen, Walter H. Brattain y William Shockley, ganadores del Nobel en Física 1956, trajeron la buena nueva de la invención del transistor. El transistor desempeña el mismo papel que el tubo al vacío pero ocupa un espacio cien veces menor y con un consumo ínfimo de energía. No necesita precalentamiento para funcionar correctamente, mucho más rápido y mil veces más durable que un tubo al vacío convencional. Otra característica importante en el transistor es su bajísimo costo. Esto se debe a que la materia prima para la construcción del transistor la constituye el silicio, sustancia ésta, muy abundante y de fácil consecución en la naturaleza. La potencia y la rapidez del computador, basado en transistores, crecieron rápidamente. Sus memorias, que en los primeros modelos con tubos al vacío eran de cientos de caracteres, pasaron a miles, y hasta miles de millones de unidades en los modelos más avanzados.

Los Circuitos Integrados.

Durante la década de 1950 a 1960, el alcance y poder del computador continuó su marcha ascendente. La creación de los circuitos integrados, resultado de utilizar la propiedad del transistor de poder miniaturizarse, produjo una generación nueva de computadores. La introducción de circuitos integrados bajó el costo del computador a límites asequibles a las universidades y a algunas instituciones comerciales. La aparición de nuevas técnicas condujo a las plaquetas de silicio (CHIPS, en el argot de los computadores) con integración a gran escala. La integración a gran escala (Large Scale Integration, LSI) permitió multiplicar la capacidad de memoria del computador y por consiguiente su versatilidad. Con esta técnica continúa el proceso de miniaturización del computador y por ende el descenso en el costo de su fabricación. Las más recientes generaciones de computadores usan la técnica VLSI (Very Large Scale Integration) que permite integrar en un CHIP cientos de miles, entre transistores, resistores, etc. Esta nueva técnica permite reducir aún más el costo y el tamaño del computador y a su vez aumentar su capacidad, versatilidad y confiabilidad.

Con el recurso de la integración a gran escala se logró el Microprocesador. En una plaqueta de silicio de apenas medio milímetro de espesor se insertan hasta cientos de miles entre switches y otros elementos electrónicos de una pequeñez microscópica y a veces submicroscópica. Este es un microprocesador. En principio, el microprocesador maneja la información en la misma forma que el ENIAC, por combinación de switches, con la diferencia que el Chip procesa la información en

forma más rápida y eficiente. Teniendo como elemento básico al microprocesador se han venido construyendo los Microcomputadores que hoy están al alcance de cualquier profesional.

Hoy está ante nosotros la nueva generación de computadores contruidos con la técnica ULSI (Ultra Large Scale Integration), que permite incluir en el Chip millones y millones de unidades de memoria. Será con la ayuda de los microprocesadores, que esta técnica origine, que la humanidad enfrentará el desafío del futuro. Los computadores de nuestros días disponen de memorias que se miden en Gigabites and Megabytes (1 Megabyte = 2^{20} Bytes = 1048576 Bytes, 1 Byte = 16 Bits. Bit es la unidad de memoria requerida para almacenar un dígito binario). La palabra *bit* (la contracción de las palabras *binary* y *digit*) fue acuñada por Claude Shannon.

Refiriéndose a la forma en que el computador se ha venido miniaturizando, Christopher Evans en su libro “The Making of the Micro”, hace el siguiente parangón. El cerebro humano está formado por pequeñas unidades nerviosas, las neuronas, en un número aproximado de once mil millones. Si en 1.945 usando el tubo al vacío, se hubiese pensado construir un computador con el mismo número de unidades que el cerebro, este habría sido tan grande como la entera ciudad de Nueva York. Con el empleo del transistor, este computador análogo al cerebro, tendría el tamaño de la Estatua de la Libertad. Su volumen se reduciría al de un bus, al usar los circuitos integrados. Con la técnica LSI, no pasaría de ocupar el espacio correspondiente al de un automóvil. Usando la técnica VLSI su tamaño sería el de un televisor de sobremesa y finalmente con ayuda de la técnica ULSI, el computador en referencia, tendría un tamaño semejante al del cerebro y para activarlo sería suficiente una batería de las que se usan para radios de transistores.

No sabemos aún, y nuestra fantasía se queda corta para imaginar lo que puede ocurrir en el seno de la sociedad humana en un próximo futuro. Lo cierto es que estamos a las puertas de una nueva revolución, de mayor alcance que la revolución industrial y cuya incidencia en la historia de la humanidad da origen a lo que Alvin Toffler llama “La Tercera Ola”. Para bien o para mal, el computador vino a quedarse y competir con nosotros. De la forma en que lo aprovechemos dependerá nuestro futuro.

BIBLIOGRAFÍA

Evans, Christopher. *The Making of the Micro. A History of the Computer*. Van Nostrand-Reinhold Co. New York, 1981.

Goldstine, Herman H. *The Computer from Pascal to von Neumann*. Cambridge University Press, Cambridge. Mass. 1.969.

Randell, Brian. *The Origins of Digital Computers*. Third Edition. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, 1.982.

Toffler, Alvin. *La Tercera Ola*. Plaza & Janés, Barcelona. 1.981.

Editado en Armenia, Colombia, Noviembre de 2008.